

15 Jahre Windprofiler im Deutschen Wetterdienst

V. Lehmann und D. Engelbart, MOL-RAO, 16.12.2008

Die Auflösung numerischer Wettervorhersagemodelle ist in den letzten Jahrzehnten durch die gestiegene Leistungsfähigkeit der Rechentechnik um zwei Größenordnungen erhöht worden, vor allem um kleinskalige atmosphärische Prozesse besser berücksichtigen zu können. Diese Entwicklung stellt erhebliche Anforderungen an das operationelle Messnetz, das dreidimensionale Anfangswerte mit bisher nicht erreichter Auflösung, Kontinuität und hoher Qualität zur Verfügung stellen muss. Die Erfüllung dieser Forderung ist schwierig und nur durch einen optimalen „Mix“ verschiedener Messsysteme zu erfüllen, wobei neben direkten Verfahren auch satelliten- und bodengestützte Fernerkundungsverfahren eingesetzt werden.

Von den bodengebundenen, indirekt arbeitenden Messsystemen haben neben dem klassischen Wetterradar (Niederschlagsradar) mittlerweile vor allem UHF/VHF¹-Radargeräte einen technischen Stand erreicht, der einen operationellen Dauereinsatz erlaubt. Diese oft kurz als Windprofil-Radar (WPR) bezeichneten Geräte bieten die Möglichkeit der Bestimmung von Vertikalprofilen des Horizontalwindes und (beim Einsatz einer zusätzlichen RASS²-Komponente) von Profilen der virtuellen Temperatur, bei hoher zeitlicher (derzeit ~ 30 Minuten) und vertikaler (130...500 m) Auflösung unter nahezu allen Wetterbedingungen. Die ausgesandten elektromagnetischen Wellengruppen werden in der Atmosphäre sowohl an Inhomogenitäten des Brechungsindex (bei starker Sonneneinstrahlung erkennbar im optischen Bereich beispielsweise durch das Flimmern der Luft in Bodennähe) als auch an Partikeln (Regentropfen, Schneeflocken usw.) gestreut. Da der erstgenannte Streumechanismus auch in einer partikelfreien Atmosphäre funktioniert, werden die Profiler in Abgrenzung zum „Wetterradar“ häufig als Klarluft-radargeräte bezeichnet. Der Messbereich hängt wesentlich von der durch die verwendete Wellenlänge bestimmten Empfindlichkeit in Bezug auf die Größenordnung der rückstreuenden Brechungsindexstrukturen und deren vertikaler Verteilung in der Atmosphäre ab.

Im DWD begann die Ära der Windprofiler im Herbst 1993 mit der Installation eines 1290 MHz WPR am Observatorium Lindenberg, im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojektes zur Untersuchung von Prozessen in der unteren Atmosphäre. Bei dieser Frequenz sind Windmessungen in einem Höhenbereich von ca. 200 m bis 4000 m möglich, weshalb das System auch als „Grenzschichtwindprofiler“ bezeichnet wird. Zum Zeitpunkt der Installation am MOL wurde in den USA bereits ein erstes prä-operationelles Netz³ von 404 MHz WPR erfolgreich betrieben. Im Rahmen des Projektes „Messnetz 2000“ wurde deshalb auch im DWD der Einsatz von vergleichbaren Troposphärenwindprofilern vorgesehen. Als schwierig erwies sich vor allem der Erhalt einer Frequenzgenehmigung im UHF-Band, welches im fraglichen Bereich vom terrestrischen Fernsehfunk genutzt wird. Nach erfolgreichen Kompatibilitätstests mit analogen Fernsehsignalen konnte eine Versuchsfunkgenehmigung für 482 MHz (Fernsehsenderkanal 22) erlangt werden, womit dem Aufbau eines entsprechenden Prototyps in Lindenberg nichts mehr im Wege stand.



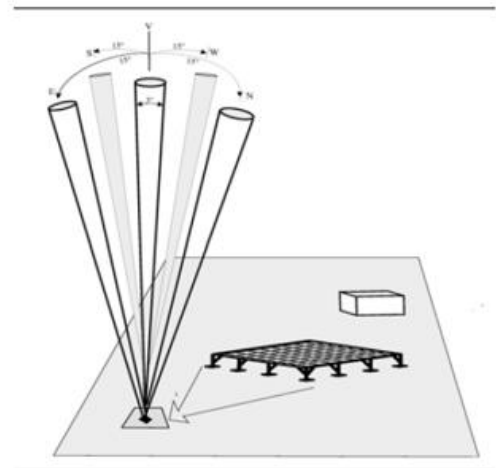
Abb 1: Installation des 1290 MHz WPR am Observatorium Lindenberg im Oktober 1993

¹ Ultra High Frequency / Very High Frequency

² Radioakustisches Sondierungssystem

³ NOAA Wind Profiler Demonstration Network (WPDN)

Der Lindener Troposphärenwindprofiler verwendet die Methode des sogenannten Doppler-Beam Swinging, um die drei Komponenten des Windvektors bestimmen zu können. Im Gegensatz zu den auf drei Strahlrichtungen beschränkten NOAA-Systemen kann das Lindener Radar durch eine einfache Erweiterung der Antennensteuerung mit bis zu fünf Strahlrichtungen arbeiten, ohne dass dafür eine aufwändigere Antenne erforderlich ist. Im Rahmen der Erprobung im DWD wurden einige konstruktive Schwächen aufgedeckt (insbes. Leistungsverstärker und Antennenelemente) sowie Verbesserungen am Messsystem getestet, wie z.B. der Einsatz eines digitalen ZF⁴-Empfängers. Neben der Verwendung der Daten im Rahmen von Forschungsprojekten, u.a. zur Untersuchung von konvektiv angeregten Schwerewellen, stand vor allem die Analyse der Messgenauigkeit und eine Weiterentwicklung von Signalverarbeitung und Qualitätskontrollroutinen für die operationelle Anwendung im Mittelpunkt der Arbeiten am Observatorium.



Im Rahmen des Projektes COST-76 wurden die Daten der beiden Lindener Profiler der NWV in zwei Messnetzexperimenten (CWINDE⁵) zugänglich gemacht, wobei sich insbesondere das 482 MHz System durch eine hohe Datenqualität auszeichnete. Darauf basierend wurde im DWD die Entscheidung getroffen, drei Troposphärenwindprofiler, die gegenüber dem Lindener Prototypen technisch verbessert wurden, im operationellen aerologischen Messnetz einzusetzen. Nach aufwändiger Standortsuche wurde das erste Gerät in Ziegendorf im Jahre 2003 in Betrieb genommen, ihm folgten Nordholz (2004) und Bayreuth (2005). Am 03. November 2005 wurde das Windprofilernetz durch den GB TI schließlich für den operationellen Betrieb freigegeben. Seitdem ist es gelungen, trotz verschiedenster Herausforderungen eine hohe Datenqualität des fachlich durch Lindenberg betreuten Netzes sicherzustellen. Die Daten der DWD-Profiler werden mittlerweile von allen großen europäischen NWV-Zentren (EZMW, UK MetO, MeteoFrance, DWD u.a.) assimiliert. Hinsichtlich des Nutzens der Windprofiler für die operationelle Vorhersage hat eine im September 2007 durchgeführte OSE⁶-Studie des ungarischen Wetterdienstes ergeben, dass sich allein durch die Verwendung der 4 DWD-Windprofiler die Vorhersagequalität des ungarischen ALADIN-Modelles in Bezug auf Wind und Luftfeuchte über Gesamteuropa verbessert hat.



Abb 2: 482 MHz Windprofiler in Bayreuth

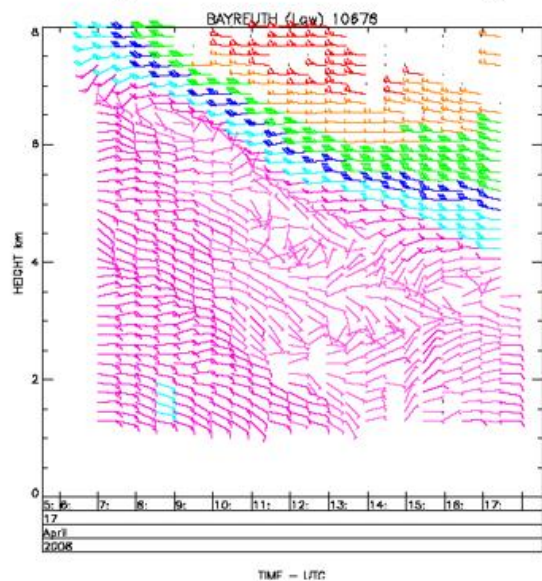


Abb 3: Routinemessung des WPR Bayreuth

<http://metscience.science@www.metoffice.gov.uk/science/specialist/cwinde/profiler/index.html>

⁴ A/D Umsetzung erfolgt auf der Zwischenfrequenz

⁵ COST Wind Initiative for a Network Demonstration in Europe

⁶ Observing System Experiment